

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

Rec'd PCT/PTO

PCT/JP03/05054

21.04.03

29 SEP 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 3月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-088129

[ST.10/C]:

[JP2003-088129]

出 願 人

Applicant(s):

三菱マテリアル株式会社

REC'D 13 JUN 2003

WIPO

PCT

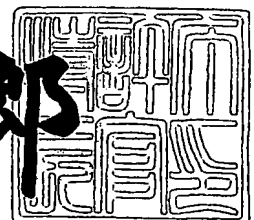
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3039592

【書類名】 特許願

【整理番号】 J10376B1

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 23/36

【発明の名称】 回路基板、その製造方法、およびパワーモジュール

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県那珂郡那珂町向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内

【氏名】 長瀬 敏之

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県那珂郡那珂町向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内

【氏名】 長友 義幸

【特許出願人】

【識別番号】 000006264

【氏名又は名称】 三菱マテリアル株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100117189

【弁理士】

【氏名又は名称】 江口 昭彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100120396

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉浦 秀幸

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100106057

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳井 則子

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-118359

【出願日】 平成14年 4月19日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0205685

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回路基板、その製造方法、およびパワーモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁セラミックス基板上に導電層が接合された回路基板であって、前記導電層は99.98質量%以上のアルミニウムを含み、その平均結晶粒径は0.5mm以上かつ5mm以下であり、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ は2mm以下である。

【請求項2】 請求項1記載の回路基板であって、前記導電層は20ppm以上のCuを含有し、FeおよびSiの少なくとも一方を合計で20ppm以上含有する。

【請求項3】 請求項1または2記載の回路基板であって、前記導電層に含まれる最大結晶粒径を有する結晶の面積は、前記絶縁セラミックス基板の面積の15%以下である。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の回路基板であって、前記絶縁セラミックス基板は、 $Al_2O_3$ 、AlN、および $Si_3N_4$ の少なくとも1種により形成されている。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の回路基板であって、前記導電層は前記絶縁セラミックス基板表面にロウ材を用いて接合され、前記ロウ材は、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、およびAl-Cu-Mg-Mn系のロウ材から選択される1または2以上のロウ材である。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の回路基板であって、前記導電層は、前記絶縁セラミックス基板の両面に接合されている。

【請求項7】 回路基板の製造方法であって、絶縁セラミックス基板上にロウ材を介して、99.98質量%以上のアルミニウムを含む導電層を配置し、これらを50kPa以上かつ300kPaの力で圧接させつつ、真空中または不活性ガス中で600℃以上に加熱することにより前記導電層と前記絶縁セラミックス基板とを前記ロウ材で接合し、かつ、前記導電層の平均結晶粒径を0.5mm

以上かつ 5 mm 以下、結晶粒径の標準偏差  $\sigma$  を 2 mm 以下にする。

【請求項 8】 請求項 7 記載の回路基板の製造方法であって、99.98 質量%以上のアルミニウムを含む板材を熱処理したのち 15%以上の圧下率で圧延を行うことにより前記導電層を得る工程をさらに有する。

【請求項 9】 請求項 1～6 のいずれかに記載の回路基板と、この回路基板を支持する放熱板とを有するパワーモジュール。

【請求項 10】 請求項 9 のパワーモジュールであって、前記回路基板の前記導電層の少なくとも一部は、前記放熱板に対して、前記ロウ材よりも融点の低いロウ材により接合されている。

#### 【発明の詳細な説明】

【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、パワーモジュール、およびパワーモジュールに使用される回路基板およびその製造方法に関する。この技術は特に、HEV (Hybrid Electric Vehicle; ハイブリッド電気自動車) などに用いられる高信頼性インバータモジュール用パワーモジュール等に好適に適用できる。

【0002】

#### 【従来の技術】

従来、パワーモジュール等に利用される半導体装置においては、アルミナ、ベリリア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム等のセラミックス基板の表裏面に、Cu 又は Al からなる導電層および放熱板がそれぞれ形成された回路基板が用いられている。このような回路基板は、樹脂基板と金属基板との複合基板、あるいは樹脂基板よりも、高絶縁性が安定して得られる。

【0003】

導電層及び放熱板が Cu である場合には、セラミックス基板やはんだとの熱膨張差に起因する熱応力の発生が避けられず、長期的な信頼性が不十分になりやすい。これに対し、導電層及び放熱板が Al である場合には、熱伝導性や電気伝導性では Cu よりも劣るものの、熱応力を受けた際に容易に塑性変形し、応力が緩和されるため、信頼性が高い利点がある。

【0004】

【特許文献1】

特開2001-53199号公報

【特許文献2】

特開平8-335652号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、絶縁セラミックスの両面に圧延材のA1板を接合するには、ろう材を用いて500℃以上の高温で接合する必要がある。この場合、ろう付けした後に常温状態で反りを生じることがあり、この反りが、回路基板製造工程やパワーモジュールを製造するアセンブリ工程での不良を発生する原因となっていた。

【0006】

反りの原因は、図3(a)に示すように、ろう付け工程において導電層中のA1結晶が異常に大きく成長することにあると考えられる。結晶粒径が著しく大きくなることにより、絶縁セラミックス基板の両面に形成された導電層の機械的特性に異方性が生じ、応力の不均衡から反りを生じるのである。絶縁セラミックス基板の表裏面に導電層が接合される場合、それぞれの導電層の厚みが等しくされることが応力均衡の点から好ましい。

【0007】

A1結晶の粒径は添加元素を増加することによって抑制できるが、添加元素量が増えると応力緩和効果が低下する。このため、A1の0.2%耐力や加工硬化指数が基準値よりも大きくなり、例えば-40～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に、セラミックス基板に割れを生じる可能性がある。

【0008】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、回路基板の反りを低減すること、およびセラミックス基板の割れを防止することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の回路基板は、絶縁セラミックス基板上に導電層が接合され、前記導電

層は99.98質量%以上のアルミニウムを含み、その平均結晶粒径は0.5 mm以上かつ5 mm以下であり、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ は2 mm以下である。導電層の結晶粒径は、導電層の表面をNaOH水溶液、HF、またはGaなどでエッチングし、導電層のマクロ組織を露出させた後、光学顕微鏡もしくは電子顕微鏡(SEM)により組織を観察することにより、測定できる。

#### 【0010】

前記導電層は20 ppm以上の銅を含有していてもよい。この場合、Al結晶の異常成長を抑制する効果が高くなる。前記導電層は鉄および珪素の少なくとも一方を合計で20 ppm以上含有していてもよい。この場合、結晶粒径のばらつきを減らす効果が得られる。

#### 【0011】

最大結晶粒径を有する結晶の面積は、前記絶縁セラミックス基板の面積の15%以下であってもよい。この場合、導電層の機械的特性に異方性が生じることを防止する効果がさらに高い。

#### 【0012】

前記絶縁セラミックス基板は、 $Al_2O_3$ 、AlN、および $Si_3N_4$ の少なくとも1種により形成されていてもよい。前記導電層は前記絶縁セラミックス基板表面にロウ材を用いて接合されていてもよい。前記ロウ材は、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、およびAl-Cu-Mg-Mn系のロウ材から選択される1または2以上のロウ材であってもよい。この場合、導電層と絶縁セラミックス基板との接合が良好になる。前記導電層は、前記絶縁セラミックス基板の両面に接合されていてもよいし、片面にのみ接合されていてもよい。両面に接合されている方が応力の釣り合いを取りやすい。

#### 【0013】

本発明のパワーモジュールは、前記回路基板と、この回路基板を支持する放熱板とを有する。前記回路基板の前記導電層の少なくとも一部は、前記放熱板に対して、前記ロウ材よりも融点の低いロウ材により接合されていてもよい。

#### 【0014】

一方、本発明の回路基板の製造方法は、絶縁セラミックス基板上にロウ材を介して、99.98質量%以上のアルミニウムを含む導電層を配置し、これらを50kPa以上かつ300kPaの力で圧接させつつ、真空中または不活性ガス中で600℃以上に加熱することにより前記導電層と前記絶縁セラミックス基板とを前記ロウ材で接合し、かつ、前記導電層の平均結晶粒径を0.5mm以上かつ5mm以下、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ を2mm以下にする。

## 【0015】

前記製造方法は、99.98質量%以上のアルミニウムを含む板材を熱処理したのち、15%以上の圧下率で圧延を行うことにより前記導電層を得る工程をさらに有していてもよい。最終の熱処理からの圧下率が15%以上にされることにより、導電層の0.2%耐力を35N/mm<sup>2</sup>程度以下、A1材の加工硬度指数を0.18程度以下にすることができる。このため、繰り返し温度変化に曝された場合のセラミックス基板の割れ等を防ぐ効果が高められる。例えば、-40℃～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に、基板に割れが生じるまでのサイクル数を高めることができる。温度サイクル試験とは、例えば、回路基板に冷熱衝撃試験器にて-40℃×30分および125℃×30分を1サイクルとする温度処理を繰り返し行う試験である。

## 【0016】

本発明によれば、導電層の平均結晶粒径が0.5mm以上5mm以下とされ、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ が2mm以下であるから、導電層の機械的特性に異方性が生じにくく、回路基板の反りが低減できる。また、導電層は99.98質量%以上のアルミニウムを含有するから応力緩和能力も大きく、温度変化に曝されてもセラミックス基板の割れ等が生じにくい。

## 【0017】

導電層の平均結晶粒径が5mmより大きいと導電層の機械的特性に異方性を生じて基板に反りが生じ易くなる。平均結晶粒径が0.5mmより小さいと、加工硬化が大きくなるなど機械的特性が変化し、温度変化に曝された際に変形抵抗が増し、セラミックス基板の割れや、半導体チップをはんだ付けした部分にクラックが生じ易くなる。結晶粒径の標準偏差が2mm以上であると、導電層の結晶粒



径のばらつきが大きくなりすぎ、機械的特性に異方性を生じる可能性がある。

【0018】

前記導電層の平均結晶粒径は0.8mm以上1.5mm以下、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ は1mm以下であるとより好ましい。この場合、温度変化に曝されたときのセラミックス基板の割れ等の不具合をさらに防止できる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る回路基板およびその製造方法の実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態の回路基板1を示す断面図であり、この回路基板1は、絶縁セラミック基板2の両面のそれぞれに、ロウ材層4を介して、Al板（導電層）3を接合したものである。

【0020】

絶縁セラミック基板2の材質は限定されないが、好ましくは $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、AlNまたは $\text{Al}_2\text{O}_3$ から選択される1種または2種の複合材とされる。絶縁セラミック基板2の厚さは限定されないが、一例として0.3～1.5mm程度とされる。絶縁セラミック基板2の形状は一般的には矩形状であるが、その他の形状であってもよい。

【0021】

Al板3は99.98質量%以上のAlを含有する。Al含有率がそれよりも低いと、Al板3の応力緩和効果が低下し、温度変化に曝された際に回路基板1の反りやセラミック基板2の割れが生じやすくなる。Al板3の厚さは限定されないが、一例として0.25～0.6mmにされる。より具体的な実施形態では、絶縁セラミック基板2は、例えば厚さ0.635mmのAlN板、Al板3は、例えば厚さ0.4mmとされる。Al板3はセラミック基板2の全面に接合されていてもよいし、セラミック基板2の一部にのみ接合されていてもよい。例えば、図1に示すようにセラミック基板2の周辺部を除く部分にのみ形成されていてもよい。

【0022】

ロウ材4の厚さは限定されないが、一例として0.005~0.05mmとされる。より具体的な例では0.03mm程度である。ロウ材4の材質は限定されないが、好ましくは、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、およびAl-Cu-Mg-Mn系のロウ材から選択された1種または2種以上とされる。いずれのロウ材もAl含有量は70~98質量%とされる。この中でも特に、Al-Si系ロウ材が好ましい。Al-Si系ロウ材の一例を挙げると、95~75質量%のAlおよび3~20質量%のSiを含む合金であり、融点（共晶点）は577℃である。

#### 【0023】

Al板3の平均結晶粒径は0.5mm~5mmとされ、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ は2mm以下とされている。平均結晶粒径が5mmより大きいと、Al板3の機械的特性に異方性が生じ、温度変化に曝されると回路基板1に反りが生じる可能性がある。平均結晶粒径が0.5mmより小さいと、加工硬化が大きくなり、温度サイクルによる変形抵抗が上昇し、セラミックスの割れやSiチップはんだ付け部のクラック発生が生じ易くなる。標準偏差が2mm以上の場合には、結晶粒径のばらつきが大きくなりすぎるため、機械的特性に異方性を生じる可能性がある。

#### 【0024】

Al板3の結晶粒径の測定は、以下のように行うことができる。絶縁セラミックス基板2と接合したAl板3表面を、エッチングして導電層のマクロ組織を露出させる。エッチング液としてはNaOH水溶液や、HF、Gaなどが使用できる。エッチング後、水洗および乾燥して、光学顕微鏡もしくは電子顕微鏡（SEM）により結晶粒の組織観察をおこなう。さらに、図3（b）に示すように顕微鏡画像に対して画像処理をおこなうことにより、平均結晶粒径および標準偏差を測定する。同様に、最大結晶粒径も求めることができる。

#### 【0025】

最大結晶粒径を有する結晶の面積が、絶縁セラミックス基板2の面積に占める割合は、15%以下であることが好ましい。その場合には、回路基板1の反り量

を低減することができる。

【0026】

A1板3を絶縁セラミックス基板2と接合した場合、A1結晶が異常成長するとセラミックス基板2両面のA1板3の機械的特性に異方性を生じ、反り量が大きくなってしまいが、上記のようにA1板3の結晶粒径を設定すると、A1板3の機械的特性に異方性を低減でき、回路基板1の反りが低減できる。

【0027】

絶縁セラミックス基板2の表裏に接合されるA1板3は、それぞれの厚みが等しくされることが好ましい。A1板3は必ず絶縁セラミックス基板2の両面に接合されることが好ましい。片側のみであると絶縁セラミックス基板2に反りが発生しやすいためである。ただし、必要に応じては片側のみでもよい。

【0028】

A1板3は20ppm以上のCuを含有していることが好ましい。この範囲のCuを含有することにより、A1結晶の過度の成長が抑制される。また、A1板3は、FeおよびSiの少なくとも一方を合計で20ppm以上含有していることが好ましい。この範囲のFeおよび/またはSiを含有することにより、結晶粒径のばらつきが低減され、一部の結晶粒の粗大化が機械的異方性の原因となりにくい。

【0029】

次に、上記回路基板1の製造方法を説明する。

A1板3の上に順に、シート状のロウ材4、絶縁セラミックス基板2、シート状のロウ材4、およびA1板3を重ねる。これらに50～300kPa（0.5～3kg/cm<sup>2</sup>）の圧力を加えつつ、真空中または不活性ガス中（例えばArガス雰囲気中）で600℃以上かつA1板3の融点以下の温度に加熱する。これによりロウ材4が溶け、セラミックス基板2とA1板3が強固に接合される。このときの加熱条件は、先に述べた結晶粒径条件を満たすように設定される。ロウ付け後、室温まで冷却し、片面のA1板3を所定のパターンにエッチングし、回路を形成する。

【0030】

貼り合わせの際の圧力が50 kPa未満では接合ムラが生じるおそれがある。300 kPaよりも大きいと接合時にセラミックス基板2に割れが発生しやすい。加熱温度が600℃未満であると、接合が不十分になりやすくなる。また、上記範囲を外れると前述した結晶粒径の条件を満たしにくくなる。

#### 【0031】

回路基板1の反り量を計るには、100 mm角の回路基板1の対角線上に100 mm間隔で2点を取り、この2点間の断面曲線を3次元測定装置またはレーザー変位計を用いて測定する。図2に示すように、この断面曲線と平面Pとの間隔のうち最大変位Cを測定する。交差するそれぞれの対角線に沿って測定した値のうち、大きい方を反り量として定義する。

#### 【0032】

A1板3の結晶成長は添加元素を増加することによって抑制可能であるが、この添加元素の濃度すなわちA1の純度により、A1自体の機械的特性が著しく変化する。上記の結晶粒径を実現するために、A1板3は、99.98質量%以上のアルミニウムを含む板材を200～450℃で最終熱処理したのち、15%以上の圧下率で圧延することにより得られていることが好ましい。これにより、A1板3の0.2%耐力を35 N/mm<sup>2</sup>程度以下、導電層の加工硬度指数を0.18程度以下にすることが容易になる。したがって、応力緩和効果を向上することができ、-40℃～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に回路基板に割れが生じることを防止できる。また、A1板3において、最終熱処理からの圧下率が15%以上であれば、結晶粒の粗大化が進行しにくくなる。

#### 【0033】

本実施形態によれば、絶縁セラミックス基板2が、ヤング率が320 GPa程度で、反り抑制措置が必要な必要なアルミナ、AlN、または、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>などから形成され、かつ、ロウ材4が、導電層の結晶粒の成長がおきる500℃以上の温度領域、特に600℃以上の熱処理を必要としているAl-Si系のようなロウ材とされた場合であっても、A1板3の平均結晶粒径が0.5 μm～5 μm程度の範囲とされ、かつ、結晶粒径の標準偏差σが2 μm程度以下に設定されることにより、A1板3の機械的特性に異方性が生じることを低減できる。従って

、絶縁セラミックス基板 2 および A 1 板 3 の熱膨張差に起因する熱応力の発生を低減し、回路基板 1 に反りやクラックが生じることを防ぎ、回路基板の長期的な信頼性を向上することが可能となる。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、本発明の第 2 実施形態であるパワーモジュールを説明する。本実施形態のパワーモジュール 1 0 には、前述の第 1 実施形態に係る回路基板 1 が実装されている。図 4 はパワーモジュール 1 0 の断面図である。

#### 【 0 0 3 5 】

図 4 に示すように、パワーモジュール 1 0 は、放熱板 1 1 の一方の主面に 1 又は 2 以上の方形の回路基板 1 が固着されたものである。放熱板 1 1 は A 1 系合金板からなる板材であって、その厚さは限定されないが、一例として 3 ～ 1 0 mm のものが使用される。回路基板 1 は、前述した第 1 実施形態と同様のものとされ、A 1 N 等からなる例えば厚さ 0 . 3 ～ 1 . 5 mm の絶縁セラミックス基板 2 と、絶縁セラミックス基板 2 の両面に接合された第 1 および第 2 の A 1 板 3 を備える。第 1 及び第 2 A 1 板 3 は、例えば厚さが 0 . 2 5 ～ 0 . 6 mm とされる。回路基板 1 は例えば一辺が 3 0 mm 以下の方形状とされる。

#### 【 0 0 3 6 】

回路基板 1 は、放熱板 1 1 にろう材によりろう付けされている。ろう材としては、A 1 - S i 系、A 1 - C u 系、A 1 - M g 系、A 1 - M n 系および A 1 - G e 系のろう材から選ばれる 1 又は 2 以上を用いることが好ましい。回路基板 1 を放熱板 1 1 へろう付けするには、放熱板 1 1 の上にろう材のシートおよび回路基板 1 をこの順序で重ね、これらに荷重 5 0 ～ 3 0 0 k P a を加え、真空中または不活性ガス中で 5 8 0 ～ 6 5 0 ℃ に加熱してろう材を溶融させ、その後冷却する。ろう材は融点がろう材 4 の融点より低く、5 0 0 ～ 6 3 0 ℃、例えば 5 7 5 ℃ 程度のものが好適である（ただし、融点とは液相線を越える点とする）。この場合、絶縁セラミックス基板 2 と A 1 板 3 を接合したろう材 4 は完全には溶融せずに、放熱板 1 1 と第 1 A 1 板 3 とを接合させることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

このように構成されたパワーモジュール 1 0 は、放熱板 1 1 の隅に形成された

取付孔 1 1 a に雄ねじ 1 3 が挿入され、これら雄ねじ 1 3 が水冷式ヒートシンク 1 4 に形成された雌ねじ 1 4 a にそれぞれ螺合されることにより、放熱板 1 1 の他方の面が、例えば A 1 合金からなる水冷式のヒートシンク 1 4 に密着接合される。

#### 【0038】

このように構成されたパワーモジュール 1 0 では、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。このような回路基板 1 を実装したことにより、熱サイクル時に生じる回路基板 1 の縁における収縮量の相違も比較的小さく抑制できて、パワーモジュール 1 0 の熱サイクル寿命を延ばすことができる。その結果、パワーモジュールとしての信頼性を向上できる。

#### 【0039】

##### 【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

##### <実施例 1>

図 4 に示す構造のパワーモジュールを作成した。

50 mm×50 mm×0.635 mm の A 1 N 製セラミック基板 2 の両面に、縦横寸法が絶縁セラミック基板 2 と同一で、厚さが 0.4 mm の A 1 板 3 をそれぞれ接合して回路基板 1 を作成した。A 1 板 3 は、450℃での最終熱処理後、圧下率 30% で圧延を行ったもので、99.99 質量% の A 1、23 ppm の Cu、30 ppm の Si、33 ppm の Fe を含有していた。ろう材 4 は、8 質量% の Si を含有する A 1-Si 系ろう材とした。このろう材の融点は 626℃であった。A 1 板 3、A 1-Si 系ろう材 4、絶縁セラミック基板 2、A 1-Si 系ろう材 4、A 1 板 3 をこの順序で重ねた状態で、これらに荷重 200 kPa を加えつつ、真空中で 630℃に加熱し、10 分経過後冷却することによりこれらを接合した。

#### 【0040】

次に、100 mm×100 mm×3 mm の A 1 Si C からなる放熱板 1 1 と、Si チップ 1 6 を用意し、回路基板 1 と放熱板 1 1 と Si チップ 1 6 をハンダでろう付けしてパワーモジュール 1 0 を得た。こうして得られたパワーモジュール

を30個用意し実施例1の試料とした。

【0041】

＜実施例2～6および比較例1～5＞

表1に示した相違点以外は、実施例1と全く同じ条件で、パワーモジュールをそれぞれ30個作成した。

【0042】

実施例1～6、比較例1～5のそれぞれのAl板3の表面を、NaOH水溶液でエッチングしてマクロ組織を露出させ、電子顕微鏡（SEM）で結晶粒の組織観察をおこなって画像処理し、平均結晶粒径、標準偏差、最大結晶粒径、および導電層に含まれる最大結晶粒径を有する結晶の面積が絶縁セラミックス基板2の面積に占める割合を測定した。結果を表1に併記する。

【0043】

【表 1】

No.	セラミックス	ろう材	最終 圧延率	Al 純度	Cu 量	Si 量	Fe 量	平均粒径		標準偏差	最大結晶粒径 (mm)
								(mm)			
実施例1	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.99%	23ppm	30ppm	33ppm	2.9	0.7	0.7	4.0
実施例2	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.98%	80ppm	35ppm	39ppm	1.9	0.7	0.7	3.1
実施例3	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.98%	80ppm	35ppm	39ppm	2.0	1.0	1.0	4.0
実施例4	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.98%	80ppm	35ppm	39ppm	1.8	0.9	0.9	3.2
実施例5	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Al-8wt%Si	30%	99.98%	80ppm	35ppm	39ppm	2.1	0.8	0.8	3.3
実施例6	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Al-4wt%Si	30%	99.98%	80ppm	35ppm	39ppm	2.3	0.9	0.9	3.7
比較例1	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.99%	16ppm	32ppm	31ppm	22.9	15.5	15.5	84.9
比較例2	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.99%	25ppm	12ppm	16ppm	4.3	3.2	3.2	14.9
比較例3	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.99%	23ppm	28ppm	10ppm	3.8	3.2	3.2	24.9
比較例4	AlN	Al-8wt%Si	10%	99.99%	23ppm	28ppm	39ppm	3.2	3.5	3.5	25.0
比較例5	AlN	Al-8wt%Si	30%	99.85%	350ppm	500ppm	450ppm	21.9	5.5	5.5	27.2

【0044】

＜比較試験及び評価＞



実施例 1～6 および比較例 1～5 のパワーモジュールを、冷熱衝撃試験器にセットし、 $-40^{\circ}\text{C} \times 30$  分、室温  $\times 30$  分、 $125^{\circ}\text{C} \times 30$  分、および室温  $\times 30$  分を 1 サイクルとする熱処理を繰り返した。温度サイクルを 100 回繰り返した時点で、回路基板 1 と放熱板 11 との間、および、絶縁セラミック基板 2 と A1 板 3 との間の剥離の有無を観察し、剥離が確認されない場合には更に温度サイクルを 100 回繰り返した。この工程を繰り返して、剥離が確認されるまでの温度サイクル回数を温度サイクル寿命として測定した。剥離の有無は拡大鏡により確認することにより行った。この結果を表 2 に示す。

## 【0045】

各回路基板 1 において反り量を測定し、30 個のうち、A1 板 3 接合後の製造工程中に発生した不具合数をカウントした。不具合数とは、回路基板製造工程や、この絶縁回路基板を用いパワーモジュールを製造するアセンブリ工程での不具合を生じたパワーモジュールの個数である。不具合とは、具体的には、反り量が大きいために回路パターン形成用のレジスト印刷工程中に基板固定のための吸着ステージ上でセラミックス基板が割れたり、ヒートシンクはんだ付け中に反りに起因したはんだボイドが発生するなどである。これらの結果を表 2 に併記する。

## 【0046】

【表 2】

No.	反 り 量 ( $\mu\text{m}$ )	製 造 中 の 不 具 合 数	温度サイクル試験結果
実施例1	46	0/30	3000サイクル以上良好
実施例2	32	0/30	3000サイクル以上良好
実施例3	40	0/30	3000サイクル以上良好
実施例4	38	0/30	3000サイクル以上良好
実施例5	39	0/30	3000サイクル以上良好
実施例6	48	0/30	3000サイクル以上良好
比較例1	305	5/30	絶縁回路基板とヒートシグ間のはんだ1500サイクルで割れ。
比較例2	213	3/30	絶縁回路基板とヒートシグ間のはんだ1500サイクルで割れ。
比較例3	195	3/30	絶縁回路基板とヒートシグ間のはんだ1500サイクルで割れ。
比較例4	50	3/30	絶縁回路基板とヒートシグ間のはんだ1500サイクルで割れ。
比較例5	225	4/30	絶縁回路基板の表Alとセリシスの界面において500サイクルで剥がれ。

【0047】

## ＜評価＞

表1に示すように、実施例1～6では、A1板3を最終圧下率15%以上、純度99.98質量%以上、20ppm以上のCu、20ppm以上のSi、20

ppm以上のFeが含有されたものとする事により、平均結晶粒径が0.5mm～5mm、結晶粒径の標準偏差 $\sigma$ が2mm以下となった。実施例1～6のパワーモジュールは、いずれも良好な温度サイクル寿命を有していた。

#### 【0048】

これに対して、上記条件からはずれた比較例1～5では、平均結晶粒径および標準偏差が本発明範囲を満たさず、温度サイクル寿命が短くなった。

#### 【0049】

図5は、実験により得られた平均結晶粒径と温度サイクル寿命との関係を示す。図5から、平均結晶粒径が0.5より小さいと温度サイクル寿命が3100回以下と極端に短くなっているのがわかる。また、導電層の平均結晶粒径が0.8mm以上1.5mm以下の範囲であると7000回程度と温度サイクル寿命が非常に長くなっていることがわかる。

#### 【0050】

図6は、導電層に含まれる最大結晶粒径を有する結晶の面積が絶縁セラミックス基板の面積に占める割合と反り量との関係を示す。図6から、最大結晶粒径部分が、基板全体の15%を超えると50mmあたりの基板の反り量が120 $\mu$ m以上に急増することがわかる。

#### 【0051】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、セラミックス基板に接合された導電層の機械的特性に異方性が生じにくく、回路基板の反りを低減できるだけでなく、温度変化に曝された場合にもセラミックス基板に割れ等の不具合が生じることが防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る回路基板の実施形態を示す断面図である。

【図2】 反り量を説明するための断面図である。

【図3】 結晶粒径測定を説明するための模式図であり、(a)は従来技術における結晶例を示し、(b)は本発明の回路基板の導電層における結晶の例を示す。

【図4】 本発明に係るパワーモジュールの実施形態を示す断面図である。

【図 5】 本発明に係る実施例において、平均結晶粒径と温度サイクル寿命の関係を示すグラフである。

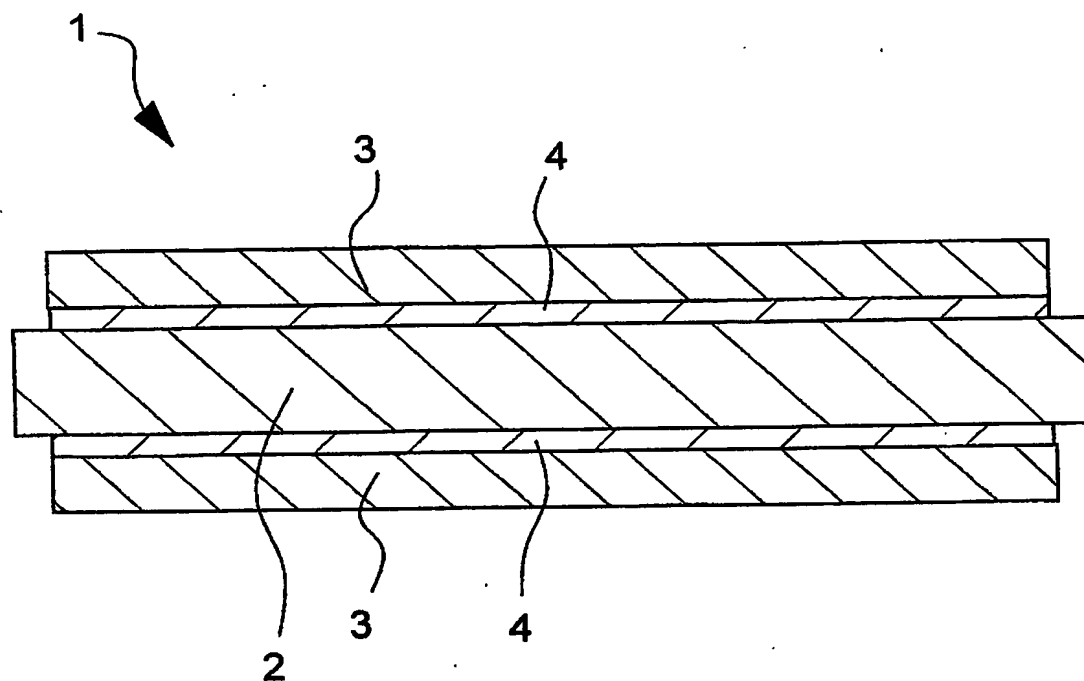
【図 6】 本発明に係る実施例において、基板全体に占める最大結晶粒径の割合と反り量との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

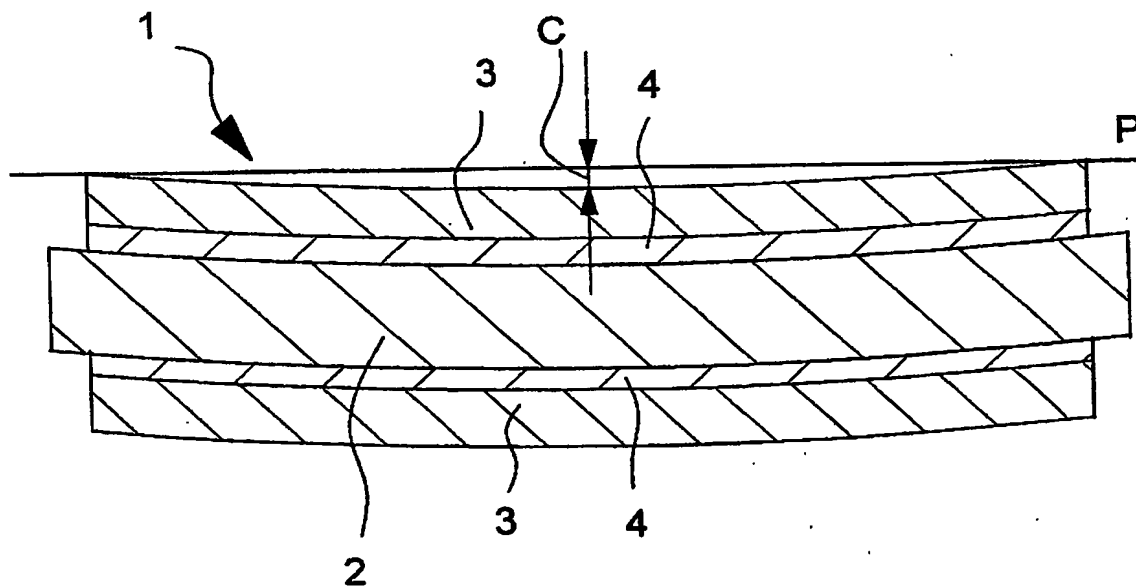
- 1 回路基板
- 2 絶縁セラミック基板
- 3 A 1 板（導電層）
- 4 ロウ材
- 1 0 パワーモジュール
- 1 1 放熱板

【書類名】 図面

【図 1】

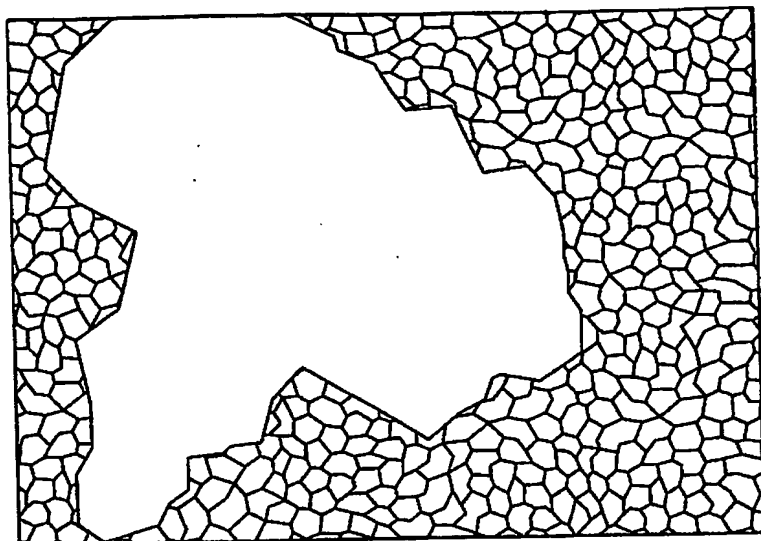


【図 2】

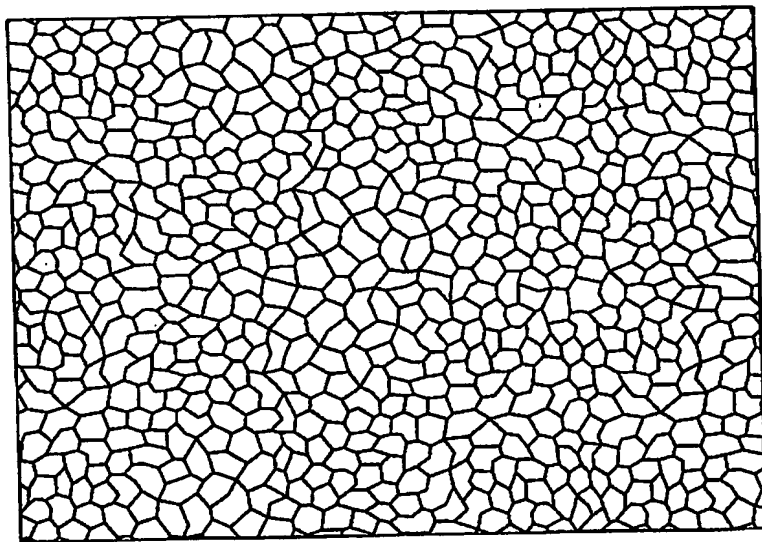


【図3】

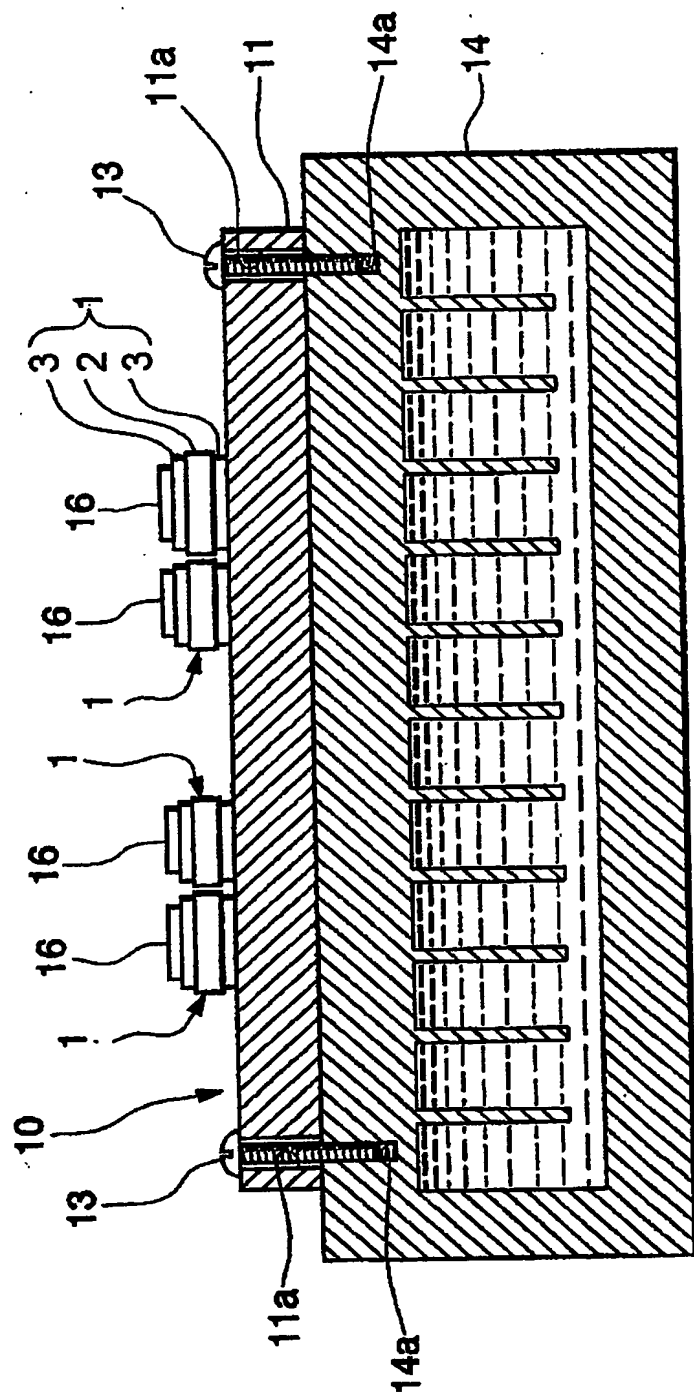
(a)



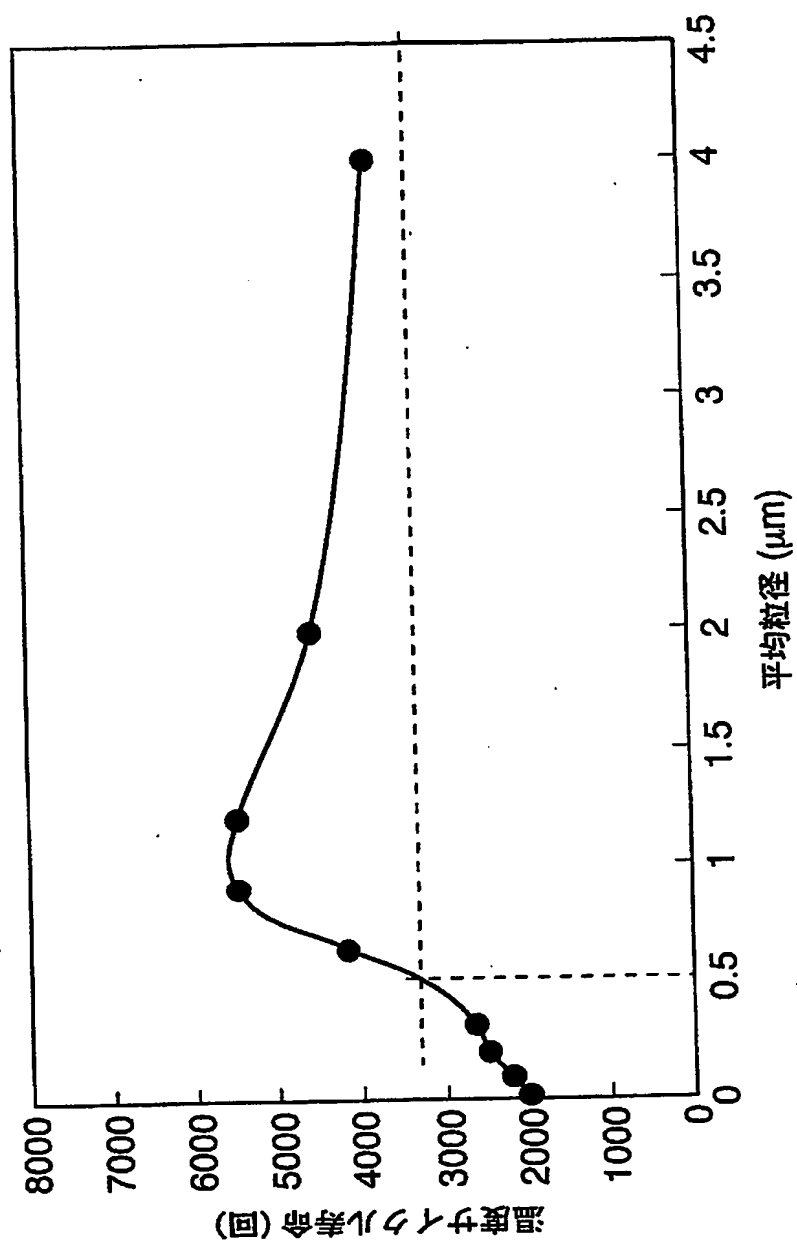
(b)



【図4】

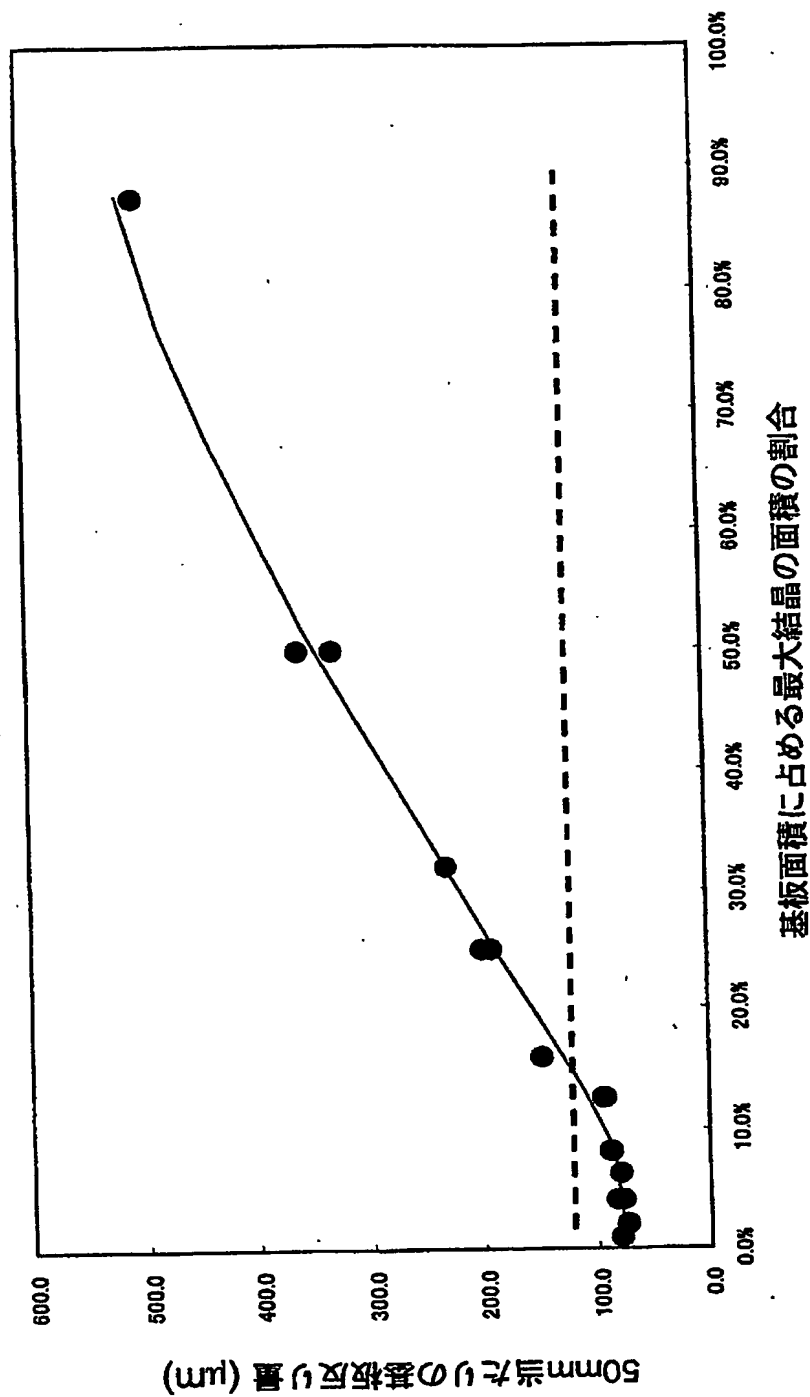


【図 5】





【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 絶縁セラミックス基板にアルミニウム導電層を接合した回路基板において反りを低減し、信頼性を向上する。

【解決手段】 絶縁セラミックス基板 2 上に導電層 3 がろう材 4 を介して接合された回路基板である。導電層 3 は 99.98 質量%以上の Al を含み、その平均結晶粒径は 0.5 μm 以上かつ 5 μm 以下であり、結晶粒径の標準偏差 σ は 2 μm 以下である。導電層は 20 ppm の Cu を含有し、Fe および Si の少なくとも一方を合計で 20 ppm 以上含有する。導電層に含まれる最大結晶粒径を有する結晶の面積は、絶縁セラミックス基板 2 の面積の 15 % 以下である。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-088129
受付番号	50300506004
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 4月 1日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000006264

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町1丁目5番1号

【氏名又は名称】 三菱マテリアル株式会社

## 【代理人】 申請人

【識別番号】 100064908

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 志賀 正武

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 高橋 詔男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 青山 正和

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100117189

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 江口 昭彦

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100120396

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	杉浦 秀幸
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦
【選任した代理人】	
【識別番号】	100106057
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳井 則子

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006264]

1. 変更年月日 1992年 4月10日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都千代田区大手町1丁目5番1号  
氏 名 三菱マテリアル株式会社